

Cane Medical Library
Aus der II. Medizinischen Klinik der Charité, Berlin
(Direktor: Professor Dr. von Bergmann.)



Beitrag zur Methodik und Bewertung der Hörentauglichkeitsuntersuchung im Unterdruck

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde an der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Karl Heinrich Otto Weisbrodt

aus Sprottau (Schlesien).

Tag der Promotion: 12. August 1937.

Buchdruckerei Rudolph Pfau, Berlin NW 7, Luisenstraße 21.

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck

Referent: Priv.-Doz. Dr. Rühl

Korreferent: Prof. Dr. v. Bergmann

Eine der schwierigsten Aufgaben, die bei der Beurteilung der Fliegertauglichkeit gestellt werden können, ist die der Beurteilung fraglicher Kreislaufbefunde. Zu diesen gehört besonders auf der einen Seite die große Menge der noch in Entwicklung befindlichen Jugendlichen, andererseits ergeben sich Befunde, die unter Umständen als pathologisch aufgefaßt werden können bei trainierten Sportsleuten, wo oft auch die Frage eines Uebertrainings zur Entscheidung steht. Nicht zuletzt gehören auch diejenigen dazu, die in ihrer Anamnese Krankheiten aufzuweisen haben, die bekanntermaßen oft dauernde Schäden des Herzens hinterlassen (Gelenkrheumatismus usw.). Die einfachen klinischen Untersuchungsmethoden, wie Blutdruckmessung und Pulskontrolle vor und nach körperlicher Arbeit als Ergänzung des klinischen auskultatorischen und perkutorischen Befundes lassen oft im Stich auch das Röntgenverfahren sagt zwar über die Größe und die evtl. Konfiguration, nicht aber über die Leistungsfähigkeit des Herzens etwas aus. Das, was jedoch bei der Untersuchung beurteilt werden soll, ist die Frage: Ist der zu Untersuchende auch den hochgradigen körperlichen Belastungen gewachsen, die gerade in der fliegerischen Ausbildung verlangt werden?

Eine Methode, die größte Anforderungen an Kreislauf und Kreislaufregulation stellt, ist die der Prüfung auf Höhentauglichkeit im Unterdruck. Der mit zunehmender Höhe auftretende Sauerstoffmangel bedeutet eine erhebliche Belastung für den Organismus, wobei eine Reihe von Ausgleichsmechanismen in Kraft treten. Falls diese dann versagen, kommt es zu den Erscheinungen der Höhenkrankheit. In der Literatur ist dieser Symptomkomplex schon mehrfach behandelt worden. Unter den Erscheinungsformen der Höhenkrankheit sind besonders zwei Typen zu unterscheiden, wobei der Erste als praktisch besonders gefährdet gilt. Es handelt sich hier um den sogenannten Höhenfrühkollaps (Schneider 1, Schwarz 2).

Als Beispiel eines solchen möchten wir über einen eigenen Fall berichten, der u. E. die Symptome plastischer aufzeigt, als es an Hand einer Literaturbesprechung möglich wäre. Diese Versuchsperson zeigte bis zur

Erreichung der beabsichtigten Höhe von 326 mm Hg entsprechend einer Nennhöhe von ca. 6500 m ein völlig einwandfreies Verhalten, jedoch auf der erwähnten Höhe angekommen — ein Elektrokardiogramm konnte noch geschrieben werden — trat ganz plötzlich und ohne alarmierende Vorzeichen ein schwerer Kollapszustand auf, der in rapidem Schlechterwerden des Pulses und drohendem Atemstillstand bestand. Bei genauer Beobachtung bemerkte man jedoch wenige Augenblicke vorher einen ganz plötzlichen Schweißausbruch bei rascher Abkühlung der Extremitäten, sowie eine tiefe Blässe neben der Cyanose. Nur augenblickliche Druckerhöhung und Sauerstoffgabe, die noch durch einen Trismus sehr erschwert wurde mit gleichzeitiger künstlicher Atmung, konnte diesen für die Untersuchungsperson äußerst bedrohlichen Zustand überwinden. Mateff (3) und Schwarz (4) sehen in diesem Zustand eine periphere Störung, d. h. ein akutes Versagen der Rückflußregulation zum Herzen. Es handelt sich da im besonderen um Menschen, die nach Arbeit, besonders in großen Höhen, mit dem diastolischen Druck heruntergehen. Bei unserer vorgegangenen klinischen Untersuchung konnten wir bei der genannten Versuchsperson einen entsprechenden Befund nicht feststellen.

Der zweite Typ kann am besten mit einer langsam zunehmenden Sauerstoffmangelnarkose bezeichnet werden und entspricht der Mehrzahl unserer Beobachtungen, wobei der Grad im Einzelfalle verschieden war. Es handelt sich dabei um einen schon relativ frühzeitig auftretenden euphorischen Erregungszustand, der oft bis zu einer nicht unerheblichen Einschränkung der Kritikfähigkeit führt. Dieser Zustand wird dann von einer zunehmenden Müdigkeit abgelöst, die äußerlich von einer mehr oder weniger starken Cyanose begleitet ist. Bei weiterem Anstieg folgt Benommenheit mit Kopfdruck, bis zu Bewusstlosigkeit. Eine besondere Berücksichtigung verdienen noch die vielfach beobachteten Krämpfe tetanoiden Charakters, die sich in mehr oder weniger starken krampfhaften Zuckungen ganzer Muskelgruppen, ja sogar ganzer Extremitäten äußern. Sie sind aufzufassen als Folge einer durch Sauerstoffmangel bedingten Ueberventilation. (Hypocapnie).

Es soll nun *Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein* festzustellen, wie weit das Unterdruckprüfverfahren eine wesentliche Ergänzung und Bereicherung der einfachen klinischen Fliegertauglichkeitsuntersuchung bedeutet.

Allgemeine Methodik.

Als Versuchspersonen standen uns ausschließlich Personen zur Verfügung, die durch die Fliegeruntersuchungsstelle II Berlin gingen. Im allgemeinen fanden am Vormittag die fachärztlichen Untersuchungen in den einzelnen Abteilungen statt, im besonderen die interne Untersuchung. Zeigten sich nun dabei irgendwelche frag-

lichen Kreislaufbefunde, so kamen diese Personen in die Unterdruckkammer. Wir achteten besonders auf 4 Gruppen von zweifelhaften Fällen, wozu wir noch als Fünfte Prüflinge mit Normal-Befunden zum Vergleich stellten.

A. Organische Störung oder Verdacht auf solche auf Grund der Anamnese.

B. Labiles Pulsverhalten oder Heruntergehen des diastolischen Drucks über 20 mm nach Arbeit. Schilddrüsentypen. Vasolabilität.

C. Ausgesprochener Sportler (Verdacht auf Sportschädigung).

D. Juvenile Hypertoniker (R. R. über 140 mm Hg.).

E. Normale klinische Befunde.

Als Beurteilungskriterien bei der Prüfung im Unterdruck wurden beobachtet:

1. die allgemeinen Erscheinungen von Höhenkrankheit entsprechend den oben angegebenen Typen,

2. die Prüfung auf Erhaltenbleiben cerebraler Funktionen. Diese versagen meistens am frühesten, da das Gehirn bekanntlich das gegen Sauerstoffmangel empfindlichste Organ darstellt.

Cerebrale Ausfallerscheinungen wurden festgestellt:

a) Nach dem subjektiven Eindruck über Ansprechbarkeit z. B. Frage und Antwort, Lösung von leichten Rechenaufgaben im Kopf usw.

b) mit Hilfe des Schreibtestes.

Die Beurteilung von a) und b) zusammen erfolgte nach Noten. Es bedeutet die Note I keinerlei oder kaum nachweisbare Störung, II beginnende, III ausgesprochene und IV schwerste Störung, d. h. völlige Unfähigkeit zu schreiben bzw. Bewußtlosigkeit.

3. elektrokardiographische Untersuchung, dieselbe läßt eine genaue Beobachtung des Sauerstoffmangels des nach dem Gehirn lebenswichtigen Organs, nämlich des Herzens, zu. Dabei sind von grundlegender Bedeutung, die von Dietrich und Schwiegk (5) gesicherten Ergebnisse, daß Sauerstoffmangel zu charakteristischen Veränderungen der Nachschwankung im Ekg. führt. Diese Veränderungen können in einer einfachen Erniedrigung der Nachschwankung bis zu einem Fehlen von T bestehen, wobei auch die S-T-Strecke im Ekg. berücksichtigt werden muß, deren Absteigen unter die Isolektrische (S-T-Depression) ebenfalls ein charakteristisches Zeichen des Sauerstoffmangels im Herzen darstellt. Diese Beobachtungen sind in der Folge auch von Tigges (6), Opitz (7) u. a.

bestätigt worden. In den eigenen Versuchen sind aus Gründen der Zweckmäßigkeit analog den oben angeführten Bewertungen der cerebralen Ausfallserscheinungen für die Ekg.-Veränderungen ebenfalls Bewertungen eingeführt. Es bedeutet + Abflachung der Nachschwankung, ++ Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tiefertreten der S-T-Strecke, +++ mit starkem Tiefertreten der S-T-Strecke und ++++ S-T-Depression mit isoelektrischem T. Da in einem Falle absolut keine Veränderungen im Höhen-Ekg. festgestellt werden konnte, mußte noch das Bewertungszeichen O eingeführt werden.

Die quantitative Beurteilung ist dabei insofern von Bedeutung, als die Störung von ++ bis ++++ nach den Untersuchungen von Dietrich und Schwiegk einen erheblichen unphysiologischen Sauerstoffmangel im Herzen bedeutet.

Für das Auftreten eines solchen Sauerstoffmangels ist nun nicht nur entscheidend die Größe des Sauerstoffmangels (Unterdruck!), sondern auch der durch die Herzleistung bedingte Sauerstoffverbrauch und die im Herzen durch die Coronarien zufließende Blutmenge. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß bei Hypertrophie der einzelnen Herzmuskelfaser z. B. beim Hypertoniker die Sauerstoffversorgung auch durch Vergrößerung des Versorgungsradius (Krogh 8) der einzelnen Kapillare erschwert wird.

Bei unseren Versuchen hat uns neben dem Vergleich der klinischen Untersuchungsergebnisse mit dem Ausfall der Unterdruckprüfung besonders auch die Frage interessiert, ob im Unterdruck eine Parallelität zwischen den Ausfallserscheinungen durch Sauerstoffmangel im Gehirn und im Herzmuskel festzustellen ist. Da für die Bewertung des Ergebnisses im Unterdruck für die allgemeine Beurteilung der Fliegertauglichkeit die Konstanz der Befunde wesentlich ist, haben wir auch eine Reihe unserer Versuchspersonen mehrmals untersucht, um die Möglichkeit wechselnder individueller Disposition entscheiden zu können.

Die

spezielle Methodik

wurde folgendermaßen durchgeführt. Die Versuchsperson wurde in der Untersuchungskammer in halbliegende Lage gebracht und ein Ekg. bei normalen Druckverhältnissen geschrieben. Während des nun folgenden Anstieges mit einer Steigerungsgeschwindigkeit von 2 Minuten pro 1000 m Nennhöhe wurde lediglich das Allgemeinverhalten und der Puls kontrolliert. Ein Stopp bei 5500 m Nennhöhe

von 10 Minuten Dauer diene dazu, die vorhandenen Sauerstoffreserven weitgehendst zu reduzieren. Bei weiterem Anstieg bis zu einem Druck von 326 mm Hg einer entsprechenden Nennhöhe von 6500 m angekommen, wurde nach einer Pause von 5 Minuten wiederum ein Ekg. geschrieben bzw. die oben angeführten Beurteilungskriterien durchgeführt und protokolliert (Gesamtdauer des Aufenthalts im Unterdruck in der angegebenen Höhe 15 bis 20 Minuten).

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind zwecks besserer Uebersichtlichkeit in zwei Tabellen zusammengefaßt. Während die Tabelle 1 die Veränderungen von Ekg. und Allgemeinverhalten in der Höhe veranschaulicht und zwar nach der oben angegebenen Zeichenerklärung, soll die Tabelle 2 der Klärung der Frage dienen, ob im Unterdruck eine Parallelität zwischen den Ausfallerscheinungen durch Sauerstoffmangel im Gehirn und im Herzen festzustellen ist. Einzelheiten zu den Tabellen ergeben sich aus den nun folgenden Versuchsprotokollen, die sowohl über Anamnese wie über Kreislaufbefunde bei der klinischen Untersuchung, wie über Besonderheiten bei der Unterdruckuntersuchung Aufschluß geben.

Gruppe A:

(Organische Störung oder Verdacht auf solche auf Grund der Anamnese).

1. G. K. (Name). 15. 6. 36 (Untersuchungsdatum) 25 Jahre, Amn. (Anamnese) Gelenkrheumatismus, Durchschnittssportler. R. P. (Ruhepuls) 22. A. P. (Arbeitspuls) 31, 27, 26, 22, 22. R. R. R. (Ruheblutdruck) 140/70, A. R. R. (Arbeitsblutdruck) 170/55, Rö. (Röntgendurchleuchtung) Lungen o. B. etwas nach links auslaufendes Cor von verhältnismäßig gutem Tonus. Taille erhalten, Retrokardialfeder frei. H. Ekg. + (Höhen-elektrokardiogramm) mäßige Abflachung von T₁ und T₂. Typ I (Bewertung von Allgemeinverhalten und Schreibtest zusammen). Mäßige Cyanose, leichte Müdigkeit, Schreibtest: beginnende Störungen. Nachuntersuchung: am 17. 8. 36, keine Veränderungen.

2. E. Oe. (21. 7. 36) 30 Jahre, Amn. wenig Sport, Achylie mit sekundärer Unterfunktion des Pankreas und der Gallenblase. Sofortiges Auftreten von Durchfällen bei Weglassen der Therapie. Bei viermaligem Fliegen Gleichgewichtsstörung und Erbrechen. Früher Herzbeschwerden nach Sepsis und Myokarditis. R. P. 17 A. P. 33, 27, 26, 20, 19, 17. R. R. R. 115/60. A. R. R. 150/50, Rö. Lungen o. B. Herz etwas links verbreitert,

zeigt Andeutung von Mitralkonfiguration. Aorta o. B. H. Ekg. + mäßige Abflachung T₁—T₃. Typ IV starke Cyanose und Benommenheit, erhebliche tetanoide Krampfstände, Schreibversuch unmöglich.

3. R. Sch. (7. 7. 36) 23 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. Systolisches Geräusch über der Spitze. R. P. 21, A. P. 34, 26, 21. R. R. R. 135/40, A. R. R. 175/30. Rö. o. B. H. Ekg. +++ starkes Tiefertreten der S-T-Strecke 1—5. Typ. IV stärkste Zuckungen über den ganzen Körper, kaum ansprechbar, Schreibversuch unmöglich.

4. P. P., (24. 7. 36) 19 Jahre, Amn. kaum Sport, angeblich Schwächezustände, Ohnmachtsanfälle in überfüllten kleinen Räumen. R. P. 17, A. P. 25, 22, 17. R. R. R. 115/70. A. R. R. 145/55. Rö. o. B. Typ I, H. Ekg. + mäßige Abflachung der Nachschwenkung. Typ I, mäßige Cyanose, gut ansprechbar. Schriftprobe: kaum nachweisbare Störung.

5. P. J. (25. 6. 36) 25 Jahre, Amn. Rippenresektion bei alter Pleuritis. Lunge jetzt praktisch o. B., Vitalkapazität nur 2900. Nach der Krankheit kein Sport. R. P. 19, A. P. 27, 22, 19. R. R. R. 150/75, A. R. R. 170/70. Rö. basale Pleuraschwarte. H. Ekg. + geringe Abflachung der S-T-Strecke 1—2. Typ I mäßige Cyanose, gut ansprechbar, Schreibttest: beginnende Störungen.

6. K. K. (20. 8. 36) 23 Jahre, Amn. kaum Sport. Beim Fliegen Schwindelanfälle und Brechreiz, nervöse Störungen. R. P. 18, A. P. 29, 25, 21, 18. R. R. R. 120/70. A. R. R. 120/60. Rö. o. B. H. Ekg. + Ueberleitungszeit 0,2 Sek. geringe Abflachung von T. Typ I. Mäßige Cyanose, Rechnen langsam aber sicher, gut ansprechbar, Schreibttest: beginnende Störungen.

7. J. G. (24. 6. 36), 26 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, systolische Unreinheit in Verbindung mit dem Röntgenbefund, Verdacht auf Mitralklappenfehler. R. P. 19, A. P. 35, 31, 27, 22, 19. R. R. R. 140/75. A. R. R. 170/70. Rö. steiler linker Herzrand, Pulmonalbogen deutlich. Beginnende Mitralisation. H. Ekg. ++. Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tiefertreten der S-T-Strecke. Typ III: starke Cyanose, später beginnende Blässe, Schwindel, ausgesprochene Störungen des Schreibttestes.

8. R. B. (26. 8. 36) 36 Jahre, Amn. silbernes Sportabzeichen. R. P. 18. A. P. 28, 22, 18. R. R. R. 115/70. R. R. R. 125/60. Rö. Lungenfelder etwas streifig fleckig, Herz deutlich lks. betont, Aorta schattenintensiv. H. Ekg. + leichte T-Depression₂. Typ III. Schlecht ansprechbar. Sprache verwaschen, starke Zuckungen, Schreibttest: ausgesprochene Störungen.

9. G. L. (5. 6. 36), 23 Jahre, Amn. kein Sport, wegen in der Jugend festgestellten Herzfehlers. Sicheres diastolisches Geräusch über Aorta, sonst keine Anzeichen von Aorteninsuffizienz, Gelenkrheumatismus. R. P. 15. A. P. 31, 22, 19, 15. R. R. R. 105/70. A. R. R. 145/65. Rö. o. B. H. Ekg. +++ starke S-T-Depression₂₋₃. Abflachung T₁. Typ IV. Bei diesem Prüfling handelt es sich um den eingangs geschilderten Fall von Höhenfrühkollaps. Bis zur Erreichung der gewünschten Höhe von 326 mm Druck zeigte er kaum nennenswerte Veränderungen im Sinne der allgemeinen Höhenkrankheitserscheinungen. Bald nach dem Schreiben des H. Ekg. trat der schwere Kollapszustand aus. Es bestand eine retrograde Amnesie von 2000 m aufwärts bis zum Wiederkehren des Bewußtseins.

Gruppe B:

nach Arbeit über 20 mm Hg. Schilddrüsentypen. Vasolabilität).
(Labiles Pulsverhalten oder Heruntergehen des diastolischen Drucks)

10. G. S. (5. 6. 36), 19 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 23. A. P. 31, 30, 26, 23, 23. R. R. R. 115/60, A. R. R. 140/50. Rö. Lungen o. B., S-förmige Skoliose der Wirbelsäule, großes mittelständiges, linksbetontes Cor von gutem Tonus. Typ III: Erhebliche Benommenheit, starke Zuckungen über den ganzen Körper, Schreibtest: schlecht, kann sich nur mit Mühe aufrichten (Versuch findet um 17,30 Uhr statt, hat seit 4 Uhr morgens nichts mehr gegessen), H. Ekg. +++ Starkes Tiefertreten der S-T-Strecke₁₋₂. Nachuntersuchung: 18. 9. 36. Typ II: bedeutend geringere Benommenheit, keine groben Zuckungen mehr, nur stark ausfahrende Bewegungen beim Schreibtest, leidlich ansprechbar. H. Ekg. +, mäßige Abflachung von T, deutliche Besserung.

11. Kl.-J. St. (5. 6. 36), 19 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, Tachycardie, Ueberfunktion der Schilddrüse, Glanzauge, Handschweiß. R. P. 22, mit deutlichem systolischem Geräusch über der Spitze, A. P. 30, 27, 25, 25, 25. R. R. R. 130/60, A. R. R. 180/50. Rö. Herz, Lungen o. B. H. Ekg. ++++. Starke S-T-Depression mit isoelektrischem T. Typ IV: Müdigkeit bei starker Cyanose, zunehmender Kopfdruck, kann sich nur mit Mühe aufrichten, bei Befehl, seinen Namen und Adresse zu schreiben, schreibt er etwas ganz anderes. Anschließend Benommenheit. Nach dem Versuch retrograde Amnesie. Nachuntersuchung: Keine Änderung des Befindens weder im Typ noch im H. Ekg.

12. R. St. (8. 6. 36), 22 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, etwas vasolabil. R. P. 23, A. P. 23, 23, 25, 24, 23. R. R. R. 110/75, A. R. R. 130/70. Rö. Lungen o. B., kräftiges mittelständiges Herz. E. Ekg. 0. In allen Abteilungen ganz geringe Abflachung von T. Typ. I: mäßige Cyanose, gut ansprechbar, Schreibtest wenig verschlechtert. Nachuntersuchung: 12. 8. 36. Befund sowohl im H. Ekg. wie auch im Typ völlig unverändert.

13. G. A. (10. 6. 36), 19 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, Zeichen einer leichten Schilddrüsenüberfunktion, weiche Struma, Glanzauge, feuchte Hände. R. P. 20. A. P. 31, 25, 20. R. R. R. 135/75. A. R. R. 145/65. Rö. o. B. H. Ekg. ++, Abflachung der sehr hohen Nachschwankung mit mäßigem Tiefertreten der S-T-Strecke. Typ. IV: bei 5500 m bereits starke Cyanose und sehr tiefe Atmung, aber noch gut ansprechbar. Bei weiterem Anstieg immer stärker werdende krampfartige Zuckungen, zunehmende Benommenheit, jetzt Blässe und Schweißausbruch, H. Ekg. kann noch geschrieben werden, kurz vorm Kollaps Schreibtest nicht möglich, sofortige Sauerstoffzugabe und Druckerhöhung. In einer Höhe von 2000 m kommt er wieder zu sich, retrograde Amnesie. Nachuntersuchung: 26. 8. 36. H. Ekg. unverändert, Typ. III. Ähnliche Erscheinungen im Allgemeinbefinden wie bei der ersten Untersuchung, jedoch im Schreibtest etwas gebessert.

14. G. P. (7. 7. 36), 23 Jahre, Amn. Ruderer, sportliche Dauerübungen. R. P. 21. A. P. 37, 29, 30, 25, 24, 25, 25, 21. R. R. R. 115/70, A.

R.R. 150/60. Rö. o. B. H. Ekg. + Abflachung der Nachschwankung. Typ II, mäßig Cyanose, geringe Ataxie beim Schreibversuch, jedoch Rechenaufgaben völlig falsche Lösung.

15. P. C. (25. 6. 36), 20 Jahre, Amn. Kein Sport, ausgesprochene Tachycardie. R. P. 25, A. P. 54, 32, 29, 28, 25, 22, R. R. R. 120/60. A. R. R. 160/55. Rö. o. B., H. Ekg. +. Geringe Abflachung der Nachschwankung. Typ I. Kaum Veränderungen des Allgemeinbefindens und beim Schreibtest. Pulsbeschleunigung nach Arbeit offenbar belanglos.

16. E. Sch. (19. 6. 36), 27 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. Erhebliche Tachycardie. R. P. 22, A. P. 54, 51, 28, 27, 27, 27, 25, 25, 22. R. R. R. 125/75. A. R. R. 140/70. Rö. Deutliche Hilizeichnung, sonst o. B., H. Ekg. +. T₁₋₃ mäßig abgeflacht. Typ II: Mäßige Cyanose bei entsprechender Müdigkeit, später etwas benommen, Schreibtest mäßig, aber noch leidlich ansprechbar.

17. H. V. (24. 8. 36), 23 Jahre, Amn. Schwimmer und sportliche Dauerleistungen. V. hatte während der internen Untersuchung (Blutabnahme) einen Schwindelanfall. R. P. 22, A. P. 29, 25, 23, 22, 20. R. R. R. 110/60. A. R. R. 150/50. Rö. mittelständiges Cor, sonst o. B. H. Ekg. +. Abflachung der Nachschwankung. Typ. I: Geringer Kopfdruck, gut ansprechbar, Schriftprobe etwas verschlechtert.

18. J. E. (5. 3. 36), 25 Jahre, Amn. Ruderer, labiler Puls bei Tachycardie. R. P. 25, A. P. 36, 30, 31, 29, 26, 28, 27, 25, R. R. R. 115/74. A. R. R. 160/70. Rö. o. B., H. Ekg. ++. Abflachung der Nachschwankung mit mäßiger S-T-Depression. Typ I: Mäßige Cyanose, subjektives und objektives Befinden gut, entsprechend ansprechbar; Schreibtest leidlich.

Gruppe C:

(Ausgesprochene Sportler).

19. H. R. (24. 6. 36), 23 Jahre, Amn. Wassersportler, im Training, ausgesprochene Trainingsbradycardie. R. P. 14. A. P. 22, 17, 14. R. R. R. 115/60. A. R. R. 150/50. Rö. o. B., H. Ekg. +. Geringe Abflachung der Nachschwankung. Typ I: mäßige Cyanose, an den Schläfen geringer Kopfdruck, gut ansprechbar, Schreibtest: leidlich gut.

20. E. B. (15. 7. 36), 20 Jahre, Amn. Fußballer, Sportharz. R. P. 21. A. P. 51, 27, 25, 21, 19. R. R. R. 155/75. A. R. R. 145/70. Rö. Rechtes Zwerchfell medial gebuchtet, deutliche Streifenzeichnung über der ganzen Lunge, großes, kräftiges mittelständiges Cor von gutem Tonus, Retrocardialfelder frei. H. Ekg. +. Abflachung der Nachschwankung. Typ. I: Geringe Müdigkeit, sonst kaum Veränderungen, gut ansprechbar, Schreibtest: geringe Störung.

21. R. W. (28. 5. 36), 23 Jahre, Amn. Leichtathlet, Schwimmer und Ruderer. Sportharz. R. P. 21, A. P. 32, 26, 22, 22, 21. R. R. R. 155/80. A. R. R. 170/75. Rö. Lungen o. B. Kräftiges, deutlich nach links ausladendes Herz, Herztaille etwas ausgefüllt. H. Ekg. + + + +. Starke S-T-Depression mit isoelektrischem T. Typ III: Starke Cyanose, zunehmende Müdigkeit, später sogar etwas benommen, versteht jedoch den Befehl,

sich aufzurichten, Schreibtest: schlecht, ausgelebte Zuckungen über den ganzen Körper.

Gruppe D:

(Juvenile Hypertoniker R. R. über 140 mmHg —).

22. H. E. (8. 6. 36), 18 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 19. A. P. 29, 25, 21, 19. R. R. R. 145/70. A. R. R. 190/55. Rö. Lungen o. B., mittelständiges kräftiges Cor, Retrocardialfelder frei. H. Ekg. ++. Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tieferreten der S-T-Strecke. Typ. I: Erhebliche Cyanose, motorische Unruhe, im ganzen jedoch koordiniertes Benehmen, gut ansprechbar, Schreibtest: mäßig. Nachuntersuchung: 26. 8. 36. H. Ekg. zeigt eine deutliche Besserung, d. h. nur noch leichte Abflachung der Nachschwankung. Der Allgemeineindruck war unverändert.

23. E. K. (11. 6. 36), 25 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 22. A. P. 32, 27, 25, 25, 22, R. R. R. 145/70. A. R. R. 165/65. Rö. Aufgerauhter Begleitschatten der zweiten Rippe rechts, sonst o. B. H. Ekg. ++. Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tieferreten der S-T-Strecke. Typ III: Starke Cyanose, Atmung sehr vertieft und etwas krampfhaft, Benommenheit. Später beginnende Blässe mit Schweißausbruch. Kaum ansprechbar. Schreibtest: sehr schlecht. Retrograde Amnesie.

Nachuntersuchung: 12. 8. 36. H. Ekg. zeigt geringe Besserung, ebenso das Allgemeinbefinden. Typ II.

24. K. St. (7. 7. 36), 24 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. Leichte Hyperthyreose. R. P. 22. A. P. 26, 27, 26, 22, 24, 20, R. R. R. 150/70. A. R. R. 185/70. Rö. o. B., H. Ekg. ++++. Starkes Tieferreten der S-T-Strecke. Typ. II: Erhebliche Cyanose, starke sichtbare Pulsation über dem Jugulum, gut ansprechbar, Schriftprobe: mäßig.

25. J. F. (11. 6. 36), 21 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 18. A. P. 31, 25, 21, 18. R. R. R. 155/70. A. R. R. 185/60. Rö. Verkalkter Primärkomplex links, sonst o. B., H. Ekg. +. Abflachung der Nachschwankung. Typ. III: Erhebliche Cyanose, starke Müdigkeit mit Kopfdruck, kann die Augen kaum offen halten. Später restlose Apathie. Befehle werden nicht mehr verstanden. Schreibtest: unmöglich. Die verschiedensten an ihn gerichteten Fragen beantwortet er stets nur mit: „Jawohl“. (ist Soldat!) Bei 4500 m wieder einwandfrei ansprechbar, jedoch retrograde Amnesie.

Nachuntersuchung: 24. 10. 36. H. Ekg. ++, Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tieferreten der S-T-Strecke. Der Typ bleibt bei der Nachuntersuchung unverändert.

26. H. Sch. (21. 8. 36), 21 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, R. P. 20. A. P. 29, 24, 22, 22, 21. R. R. R. 140/70. A. R. R. 160/60. Rö. Langer asthenischer Thorax mit steilstehenden, wenig beweglichen Zwerchfellkuppeln, Lungen o. B., längsgestelltes, kräftiges Cor. H. Ekg. + Typ I: gut ansprechbar, mäßige Cyanose, ein leichtes Schwindelgefühl ist bald überwunden. Schreibtest: leidlich.

27. H. F. (17. 6. 36), 23 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, R. P. 16. A. P. 27, 24, 20, 16. R. R. R. 150/75. A. R. R. 165/65. Rö. Lungen sowie Cor und Aorta o. B. H. Ekg. +. Geringe Abflachung der Nachschwankung, Typ I: gut ansprechbar, Rechnen langsam aber sicher, Schreibtest: nur geringe Störung.

28. F. S. (24. 8. 36), 25 Jahre, Amn. Durchschnittssportler, etwas vasolabil. R. P. 20. A. P. 32, 31, 25, 24, 27, 25, 23, 25, 22. R. R. R. 140/70. A. R. R. 150/60. Rö. Lungen o. B., etwas steilgestellter linker Herzrand, im ganzen nicht verbreitert, vorspringender Pulmonalbogen, Retrocardialfelder frei. H. Ekg. ++. Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tiefertreten der S-T-Strecke. Typ III: erhebliche Cyanose, ausgedehnte Zuckungen über den ganzen Körper, mäßig ansprechbar, Schreibtest: Schlecht.

Gruppe E:

(Normale Befunde).

29. E. P. (21. 7. 36), 23 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 19. A. P. 28, 22, 18. R. R. R. 115/75, A. R. R. 150/60. Rö. o. B., H. Ekg. +, Geringe Abflachung der Nachschwankung, Typ II: Gut ansprechbar bei mäßiger Cyanose, Schreibtest: jedoch relativ schlecht.

30. G. T. (29. 5. 36), 23 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 18. A. P. 30, 25, 22, 18. R. R. R. 135/90. A. R. R. 165/85. Rö. o. B., H. Ekg. ++, Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tiefertreten der S-T-Strecke. Typ. III: Starke Cyanose, deutlich sichtbare Pulsation in Gegend der Herzspitze und am Hals, ausgesprochene Benommenheit, Schreibtest: sehr schlecht.

31. H. W. (28. 5. 36), 26 Jahre, Amn. Durchschnittssportler. R. P. 17. A. P. 26, 23, 19, 17. R. R. R. 115/65, A. R. R. 125/60. Rö. o. B., H. Ekg. ++, Abflachung der Nachschwankung mit mäßigem Tiefertreten der S-T-Strecke. Typ I: Kaum Cyanose, Atmung ruhig und tief, gut ansprechbar, Schreibtest: gut.

Besprechung der Versuchsergebnisse.

1. Ueberblicken wir die Ergebnisse, wie sie in der Tab. I zusammengefaßt sind, so ergibt sich zunächst für die Frage der Versuchsergebnisse bei wiederholter Prüfung, daß von 9 zweimal untersuchten Fällen die Ekg.-Veränderungen und das Allgemeinverhalten nur in 4 Fällen unverändert bleiben, in einem Falle sich verschlechterten und in 4 Fällen sich besserten. Diese Befunde scheinen dafür zu sprechen, daß bei dem Verhalten im Unterdruck eine psychische Komponente eine wesentliche Rolle spielt, wie auch Lottig (9) betont. Die Prüflinge empfinden offenbar das Neue der Unterdruckprüfung sehr stark und werden durch übertriebene Vorstellung ihrer

Gefährlichkeit beeindruckt. Daß derartige Dinge auf Kreislauf und Atmung einwirken können, erscheint durchaus wahrscheinlich. Diese Momente fallen bei der zweiten Prüfung weg. Bei den langen Zeitabschnitten zwischen den einzelnen Prüfungen kann von einer Akklimatisation nicht die Rede sein. Auch der körperliche Befund hat sich nach unseren Untersuchungen nicht geändert. Hieraus leiten wir die Folgerung ab, daß bei ungünstigen Ergebnissen vor endgültiger Beurteilung die Prüfung prinzipiell wiederholt werden sollte.

2. Es hat sich weiterhin ergeben, daß die Schwere der Veränderungen im Unterdruck-Ekg. in keiner sicheren Beziehung zum Allgemeinverhalten steht, wie sich aus Tab. I deutlich entnehmen läßt. Die Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoffmangel ist offenbar bei den einzelnen Versuchspersonen in Großhirnrinde, vegetativen Zentren wie am Herzen sehr verschieden, wobei am letzteren nervöse Regulationsstörungen und organische Veränderungen der Muskulatur das Ergebnis beeinflussen können. Als Folgerung möchten wir hier die Forderung aufstellen, die Unterdruckprüfung möglichst umfassend zu gestalten, d. h. neben dem Allgemeinverhalten, besonders den Schreibtest, auch das Verhalten von Kreislauf und Atmung sowie das Ekg. zur Bewertung heranzuziehen. Wir sind uns dabei darüber klar, daß unsere eigenen Untersuchungen diesen Forderungen noch nicht genügen, da wir besonders das Verhalten von Atmung und Kreislauf nicht mit objektiven Methoden (Blutdruckwerte im Unterdruck und Atmungsschreibung) festgestellt haben.

Für die künftige Unterdruckprüfung würden sich u. E. folgende Faktoren bei Normaldruck und im Unterdruck für die Beurteilung als notwendig erweisen:

- a) Blutdruck und Pulsfrequenz,
- b) Elektrokardiogramm,
- c) Atemfrequenz, Volumen und Typ, besonders die Frage der periodischen Atmung (Cheyne Stokes),
- d) Prüfung der kortikalen Funktion durch Schreib- und Rechenversuch,
- e) Allgemeinverhalten wie Kollaps, und Krampfbereitschaft usw.

3. Für die Ergebnisse der Ekg.-Untersuchungen läßt sich feststellen, daß wir die Angaben der Literatur über die Sauerstoffmangel-Veränderungen des Elektrokardiogramms voll und ganz bestätigen können. Mit einer einzigen Ausnahme fanden wir in allen Untersuchungen stets die charakteristischen Veränderungen der

Nachschwankung im Sinne einer Abflachung von T oder einer Senkung der S-T-Strecke.

Eine Beeinflussung des Verhaltens der Ekg.-Befunde wäre denkbar gewesen, zunächst durch Aenderung der Schlagfrequenz des Herzens, da die Frequenzsteigerung einen erhöhten Sauerstoffbedarf bedeutet und Sauerstoffmangel hier leichter Veränderungen der Coronarinsuffizienz im Ekg. hervorrufen könnte (Rein 10, Dietrich, Schwiegk 5). Nach den Zahlen der Tab. I kann von einer generellen Berechtigung dieser Annahme nicht die Rede sein. So ergibt sich zwar aus einigen der zweimal Untersuchten ein Zusammenfallen der Besserung der Ekg.-Befunde mit Besserung der Frequenzen. In anderen Versuchen dagegen sind die Veränderungen bei vollkommen verschiedenen Frequenzen gleich oder bei gleichen Frequenzen bei der Nachuntersuchung verschlechtert.

Was den Einfluß einer Herzhypertrophie anlangt, so haben nach den Röntgenbefunden drei Versuchspersonen aus Gruppe A (Nr. 1, 2, 8), zwei aus Gruppe C (Nr. 20, 21) und eine Gruppe D (Nr. 26) Anhalt für eine Hypertrophie gegeben. Von diesen 6 Fällen hat jedoch nur 1 besonders ausgeprägte Ekg.-Veränderungen gezeigt (Nr. 21).

4. Die Uebersicht über die verschiedenen Gruppen ergibt keinen sicheren Anhalt über die Beziehungen zwischen der klinischen Gruppierung und der Schwere der Ekg.-Veränderung; mit wenigen Ausnahmen sind die Ekg.-Veränderungen nicht sehr ausgesprochen, wobei unter Berücksichtigung der geringen Versuchszahl zwischen der Zahl der Fälle mit Ekg. () und der Zahl der Fälle mit Ekg. (++) keine Differenz besteht. Bei Bewertung des Gesamtbildes fällt jedoch die Gruppe A insofern heraus, als hier in der Mehrzahl der Versuche schwere Veränderungen (Typ III und IV) auftraten.

Wenn wir unsere Versuchsergebnisse überblicken, stellen wir fest, daß zweifellos die Unterdruckprüfung eine sehr wesentliche Ergänzung und Bereicherung der klinischen Untersuchungsmethodik bei der Prüfung auf Fliegertauglichkeit bedeutet. Notwendig ist nur eine kritische Bewertung in dem Sinne, daß die Untersuchung mehrmals vorgenommen werden muß und im einzelnen möglichst ausgebaut wird, unter Berücksichtigung der verschiedenen objektiven Methoden, die zur Feststellung krankhafter Befunde zur Verfügung stehen. Gerade diese letzte Forderung hat sich aus unseren eigenen Untersuchungen in der Erkenntnis der Grenzen der Beurteilungsmöglichkeit mit den von uns gewählten Methoden ergeben.

Zusammenfassung.

1. In der Unterdruckkammer der II. Med. Klinik der Charité Berlin wurden zur Ergänzung der internen klinischen Befunde bei der Fliegertauglichkeitsprüfung auch Höhentauglichkeitsuntersuchungen im Unterdruck vorgenommen.
2. Die Bewertung im Unterdruck erfolgte auf Grund des Allgemeinverhaltens unter Berücksichtigung des Schreibtestes.
3. Auf Grund unserer Ergebnisse besteht zwischen der Schwere der Anoxie-Veränderung im Ekg. und dem Grad der Höhenkrankheit kein Zusammenhang. Schwere Höhenkrankheitsercheinungen können von einem sehr geringen Ekg.-Befund begleitet sein und umgekehrt.
4. Nachuntersuchung an gleichen Prüflingen ergab bei den Wiederholungen zum Teil eine Besserung der Befunde. Wahrscheinlich spielen hier psychische Einflüsse bei der ersten Untersuchung eine Rolle. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer wiederholten Unterdruckprüfung vor endgültiger Beurteilung bei zweifelhaften Befunden.
5. Die Beziehungen zwischen klinischen Befunden und Ergebnissen der Höhentauglichkeitsprüfung werden besprochen.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Privatdozent Dr. Rühl für die Ueberlassung des Dissertationsthemas und seine Anleitung bei Anlage und Durchführung der Arbeit zu danken.

Tabelle I.

Gruppe	Nr.	Name	Ekg. bei 760 mm Hg.	Puls	H.Ekg.-Veränderung bei 526 mm Hg	Puls
Gruppe A	1	G. K.	o. B.	92	+	120
		Nachuntersuch.	o. B.	100	+	120
	2	E. Oc.	o. B.	52	+	96
	3	R. Sch.	o. B.	73	+++	120
	4	P. P.	o. B.	72	+	100
	5	P. J.	o. B.	64	+	88
	6	Kl. K.	Überl. Zt. 0.2	100	+	120
	7	J. G.	o. B.	72	++	100
	8	R. B.	o. B.	68	+	100
	9	G. L.	o. B.	64	+++	104
Gruppe B	10	G. S.	o. B.	92	+++	120
		Nachuntersuch.	o. B.	64	+	100
	11	K. J. St.	o. B.	92	++++	120
		Nachuntersuch.	o. B.	100	++++	120
	12	R. St.	o. B.	72	0	100
		Nachuntersuch.	o. B.	72	0	100
	13	G. A.	hohes T.	80	++	56
		Nachuntersuch.	hohes T.	80	++	120
	14	G. P.	o. B.	84	+	100
	15	P. C.	o. B.	64	+	100
	16	E. Sch.	o. B.	88	+	112
	17	H. V.	o. B.	88	+	120
	18	J. E.	o. B.	72	++	108
Gruppe C	19	H. R.	o. B.	56	+	72
	20	E. B.	o. B.	80	+	112
	21	E. B.	o. B.	64	++++	132
Gruppe D	22	H. F.	o. B.	72	++	120
		Nachuntersuch.	o. B.	64	+	100
	23	F. K.	o. B.	84	++	108
		Nachuntersuch.	o. B.	88	+	100
	24	K. St.	o. B.	64	+++	120
		Nachuntersuch.	o. B.	72	++	100
	25	J. F.	o. B.	80	+	120
		Nachuntersuch.	o. B.	84	++	120
	26	H. Sch.	o. B.	76	+	100
	27	H. F.	o. B.	56	+	100
	28	F. S.	o. B.	76	++	120
Gruppe E	29	E. P.	o. B.	84	+	100
	30	G. T.	o. B.	72	++	120
	31	H. W.	o. B.	80	++	120

Veränderung des Ekg. bei 526 mm Hg (Nennhöhe 6500 m)
sowie Bewertung des Allgemeinverhaltens.

Tabelle II.

Befund- gruppe	Anzahl	H.Ekg. bei 526 mm Druck					Typ des Allgemein- verhaltens			
		0	+	++	+++	++++	I	II	III	IV
A	9	—	6	1	2	—	4	—	4	1
B	9	1	5	2	—	1	4	3	—	2
C	5	—	2	—	—	1	2	—	1	—
D	7	—	4	3	—	—	3	2	2	—
E	5	—	2	1	—	—	1	1	1	—

Uebersicht über das Verhältnis von H.Ekg. zum Typ
des Allgemeinverhaltens in den einzelnen Befunds-
gruppen.

Benützte Uebersichtsliteratur.

Barcroft: Atmungsfunktion des Blutes I. Berlin, Springer 1926.
Loewy: Physiologie des Höhenklimas. Berlin, Springer 1922.
Schubert: Physiologie des Menschen im Flugzeug. Berlin,
Springer 1935.

1. Schneider u. Truesdel: Am. Journ. Physiol. 56, Nr. 2 (1921).
2. Schwarz: Luftfahrtmedizin I, 82, (1936).
3. Mateef: Aera aerophysiologicala 1, 72 (1933).
4. Mateef und Schwarz: Pflügers Arch. 236, H. 1 (1935).
5. Dietrich und Schwiegk: Zschr. Klin. 125 (1933).
6. Tigges: Zschr. Kreislaufforschung. 1936.
7. Opitz und Tilmann: Luftfahrtmedizin I, 153 (1936).
8. Krogh: Physiologie der Kapillaren. Berlin, Springer (1929).
9. Lottig: Luftfahrtmedizin I, 15 (1936).
10. Rein: Physiologie des Menschen. Berlin, Springer 1936.

Lebenslauf.

Am 28. Januar 1909 wurde ich Karl Heinrich Otto Weisbrodt, als Sohn des Guts- und Fabrikbesitzers Reinhold Weisbrodt und dessen Ehefrau Elise, geborene Schlenker zu Sprottau i. Schles. geboren. Meine früheste Jugend verlebte ich im Elternhaus. Mit dem 6. Lebensjahr trat ich in die Vorschule des damaligen Realgymnasium zu Sprottau ein. Am 7. März 1928 legte ich in derselben Anstalt — die inzwischen zu einem Reformgymnasium aufgebaut worden war — die Reifeprüfung ab.

Ostern 1928 bezog ich die Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin, um das medizinische Studium zu ergreifen. Mit Ausnahme eines beurlaubten Sommersemesters 1930 war ich bis Ostern 1931 an derselben Universität immatrikuliert. Von dieser Zeit bis Ostern 1932 setzte ich mit dem Studium aus. Mit dem Sommersemester 1932 bezog ich die Universität Rostock und legte im März 1933 das medizinische Vorexamen ab. Während des Wintersemesters 1933/34 studierte ich an der Universität Breslau.

Am 1. April 1934 trat ich als Fahnenjunker im Sanitätskorps in das Reichsheer ein, während ich mich gleichzeitig an der Universität Tübingen immatrikulierte. Nach Ablauf des halbjährigen Dienstes bei der Waffe wurde ich am 1. November 1934 zur Beendigung des Studiums zur militärärztlichen Akademie Berlin kommandiert. Auf meinen Wunsch wurde ich am 1. Oktober 1935 zur Luftwaffe versetzt und beendete am 22. November 1935 die medizinische Staatsprüfung.

